

APLICAÇÃO DO MÉTODO SFA (SAFETY FUNCTION ANALISYS) A UM POSTO DE TRANSFORMAÇÃO DE ENERGIA ELÉCTRICA DA RENOVA

Filipe Carracinha¹ e Celeste Jacinto^{2,3}

¹Renova, Fábrica de Papel do Almonda, S.AZibreira, Torres Novas
filipe.carracinha@renova.pt

²Departamento de Engenharia Mecânica e Industrial, Faculdade de Ciências e
Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Portugal
mcj@fct.unl.pt

³Grupo de Segurança, Fiabilidade e Manutenção do CENTEC, Instituto Superior
Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Portugal
mcjacinto@mar.ist.utl.pt

Resumo

Este artigo descreve um estudo de segurança que aplica uma metodologia recente, desenvolvida para avaliação do risco de acidente ocupacional, chamada “*Safety Function Analysis – SFA*”. Este método insere-se no âmbito geral das metodologias de avaliação de risco, sendo no entanto mais específico que os métodos tradicionais. Por um lado, esta especificidade resulta do facto do SFA apenas avaliar os perigos mais críticos, previamente identificados através de outros métodos mais abrangentes. Por outro lado, tem como principal objecto de estudo a análise do “estado de segurança” de um sistema através da avaliação das Funções de Segurança (ou existentes ou em falta no sistema em causa). O SFA integra conceitos e abordagens actuais, nomeadamente os conceitos de “*Safety Barrier*” e “*Safety Function*”. O conceito “*Safety Barrier*” ou “*Barreira de Segurança*”, é usado para identificar quais os meios físicos e/ou não físicos concebidos para prevenir, controlar ou atenuar acontecimentos indesejáveis ou acidentes. De forma análoga, uma “*Safety Function*” ou “*Função de Segurança*” é, por definição, uma medida técnica, organizacional ou a combinação de ambas, que tem como função reduzir a probabilidade e/ou as consequências da ocorrência de acidentes. No presente trabalho aplica-se a metodologia SFA a um Posto de Transformação de Energia Eléctrica da Renova. Para os perigos com risco mais elevado foram avaliadas cada uma das Funções de Segurança necessárias. Dessa avaliação resultaram propostas de alteração do estado da respectiva Barreira de Segurança, ou não, consoante a sua aceitabilidade.

1 Introdução

Com o decorrer dos tempos, e com a Revolução Industrial, o Homem teve necessidade de aumentar a produção de bens que deixaram de ser feitos artesanalmente para passarem a ser feitos por máquinas, originando novos perigos, para si, para o meio ambiente e para a propriedade, para os quais teve necessidade de implementar soluções para prevenir acidentes. Essas soluções passaram, e passam, por criar mecanismos físicos (barreiras) ou não, para prevenir acidentes e/ou proteger as pessoas, i.e., atenuar as possíveis consequências.

As barreiras podem então ser consideradas como sendo “obstáculos” que devem prevenir um determinado acontecimento perigoso, ou se ele ocorrer, protejam os indivíduos e/ou o ambiente; caso não seja possível proteger na totalidade, devem pelo menos devem minimizar os danos.

1.1. *Barreiras de Segurança*

Diferentes conceitos e terminologias relacionadas com o termo “barreira” têm sido sugeridos por diversos autores. Por exemplo, Harms-Ringdahl (2003, 2004) refere que uns autores utilizam o termo “barreira” para identificar aspectos organizacionais, e que outros utilizam termos, tais como: Função Barreira; Defesa ou Camada de Protecção. Hollnagel (2004) caracterizou o termo “Barreira” de diferentes maneiras: de *Prevenção* ou de *Protecção*, consoante estas actuam antes ou depois de uma determinada acção acontecer, respectivamente. Outras classificações possíveis são: *Activas* ou *Passivas*, onde as activas implicam realizar determinada função de segurança, enquanto as passivas não têm nenhuma acção definida, mas a sua simples presença, constitui a sua função. Segundo Duijm (2009; p.333), as barreiras activas “*incluem sempre uma sequência de Detecção - Diagnóstico - Acção*”. Hollnagel (2004) também as classifica de *Permanentes* ou *Temporárias*, onde as Permanentes são normalmente incluídas na fase de projecto, ou à posteriori, como resultado, por exemplo, de um acidente, e as Temporárias utilizam-se normalmente em situações pontuais e temporárias, resultantes, por exemplo, de obras ocasionais.

O termo *Barreira de Segurança* (*Safety Barrier*), foi inicialmente usado por Gibson, em 1961, como resultado da aplicação do modelo das energias na investigação de acidentes, e mais tarde por Haddon, em 1980, no subsequente desenvolvimento desse modelo, quando apresentou as suas 10 estratégias para a prevenção de acidentes (c.f. Sklet, 2006). Hollnagel afirma, em 1999, que em linguagem corrente, o termo *Barreira* é frequentemente sinónimo de *Função de barreira* (c.f. Sklet, 2006); para ser

mais correcto deveria ser usado o termo *Função de Barreira* em vez de somente *Barreira*.

Hollnagel (2004) refere ainda que Svenson faz uma distinção entre os termos **Função de Barreira** e **Sistemas de Barreiras**, que é:

“Uma função de barreira representa uma função (e não um objecto) que pode parar a evolução do acidente por forma a que o acontecimento seguinte na cadeia não seja realizado, enquanto que o sistema de barreira está mantendo a função de barreira. Tais “sistemas” podem ser um operador; uma instrução; uma separação física, um sistema de controlo de emergências, e outros sistemas de segurança, componentes, e factores humano-organizacionais (Hollnagel, 2004, p. 82).

Por outro lado, Sklet (2006) propõe algumas definições para *Barreiras de Segurança*, *Funções de Barreira* e *Sistemas de Barreira*, que a seguir se apresentam:

Barreiras de Segurança são meios físicos e/ou não físicos planeados para prevenir, controlar, ou atenuar eventos indesejáveis ou acidentes (Sklet, 2006, p.496).

Os meios a que se refere a definição anterior podem ser simples unidades técnicas ou acções humanas ou sistemas complexos sócio-técnicos. O *prevenir* significa reduzir a probabilidade de um perigo existir, o *controlar* significa limitar a extensão e/ou a duração de um perigo, enquanto que *atenuar* significa reduzir os efeitos indesejáveis dos diversos perigos, tais como, por exemplo: falhas técnicas, erros humanos, eventos externos ou a combinação destes.

Função de Barreira é uma função planeada para prevenir, controlar, ou atenuar eventos indesejáveis ou acidentes (Sklet, 2006, p.496).

A *função de barreira* descreve o objectivo das barreiras de segurança, ou seja, o que elas devem fazer para prevenir, controlar, ou atenuar. A *função* deve ser definida por um nome e um verbo, por exemplo, “abrir disjuntor” ou “parar Robô”. Uma função de barreira pode ter diversos sistemas de barreira para cumprir o seu objectivo, por exemplo: para prevenir a entrada de veículos numa rua, podemos utilizar *Jerseys* (ver figura 1.1) ou sinalização de trânsito proibido. Apesar de serem sistemas diferentes, e com eficiências diferentes, a função é a mesma.

Sistema de Barreira é um sistema que foi desenhado e implementado para desempenhar uma ou mais funções de barreira (Sklet, 2006, p.496).

Um sistema de barreira descreve como uma determinada função de barreira é realizada ou executada. Um sistema de barreira pode consistir de diferentes tipos de elementos, físicos ou técnicos, actividades operacionais realizadas

pelas pessoas, ou combinação de ambas. Existem diferentes maneiras de classificar os sistemas de barreiras, consoante os autores (e.g.: Hollnagel, 2004, 2008; Sklet, 2006; Duijm, 2009); um modo de os classificar é baseado na sua natureza, conforme sugerido por Hollnagel (2008).

Sistemas de Barreira Físicos - estes sistemas impedem uma determinada acção de acontecer utilizando meios físicos. Exemplos de sistemas de barreira físicos são os edifícios, as paredes, as portas, os recipientes, etc. Estes sistemas têm normalmente limites de resistência física que podem ser quebrados. A figura 1.1 dá-nos um exemplo da utilização de muros de cimento (*Jerseys*) como barreira física.



Figura 1.1 – Utilização de Jerseys como barreira física

Sistemas de Barreira Funcionais – estes actuam de modo a impedir que uma determinada acção seja realizada através de encravamentos lógicos ou temporais (ex: interruptores de segurança, passwords em sistemas, cadeados de segurança, etc.). Estas funções requerem que um ou mais pré-requisitos sejam activados antes que uma determinada acção seja realizada. Estes pré-requisitos nem sempre necessitam de ser entendidos pelas pessoas, mas podem ser activados ou detectados por equipamentos tecnológicos, por exemplo, um dispositivo de segurança automático, como o mostrado na figura 1.2.



Figura 1.2 – Relé Electrónico de monitorização

Sistemas de Barreira Simbólicas – estes sistemas requerem compreensão e interpretação por parte das pessoas. Existem na forma de sinais e avisos de diversos tipos e podem ser usados individualmente ou combinados. São exemplos destes sistemas os avisos sonoros e visuais, instruções presentes no local, demarcações espaciais, etc. A figura 1.3 mostra exemplos de barreiras simbólicas.



Figura 1.3 – Exemplo de Barreiras Simbólicas

Sistemas de Barreira Incorpóreas – estes sistemas não estão fisicamente presentes. Podem no entanto ser representados fisicamente através de livros ou manuais. Requerem essencialmente o conhecimento das pessoas de modo a atingir o seu objectivo. Exemplos destes sistemas são: regras, guias técnicos, restrições e leis. Na indústria, um exemplo são regras ditadas pela administração, como por exemplo, a proibição de fumar nas instalações.

1.2. Funções de Segurança

A terminologia usada para descrever as características de um sistema de segurança varia consideravelmente. A adoptada neste estudo baseia-se essencialmente no conceito de *Funções de Segurança (FS)*. O termo Função de Segurança (FS) foi proposto por Harms-Ringdahl (2001, p.155) como:

“Uma Função de Segurança é uma função técnica, organizacional ou uma combinação de ambas, que pode reduzir a probabilidade e/ou a consequência dos acidentes ou outros acontecimentos indesejáveis num sistema”.



Figura 1.4 – Modelo Geral das Funções de Segurança (adaptado de Harms-Ringdahl (2001, p.156))

A figura 1.4 ilustra o modelo geral das FS e os seus componentes básicos.

2 Método SFA – “Safety Function Analysis”

A metodologia SFA (*Safety Function Analysis*) foi desenvolvida a partir de 2000 por Harms-Ringdahl (2001). Esta baseia-se no conceito “Função de Segurança (FS)”. Este método tem como objectivo obter: uma descrição estruturada dum sistema de funções de segurança; uma avaliação das suas forças e das suas fraquezas e propor melhorias das FS existentes e/ou introduzir novas. O SFA assenta em seis etapas principais, como mostra a figura 2.1.

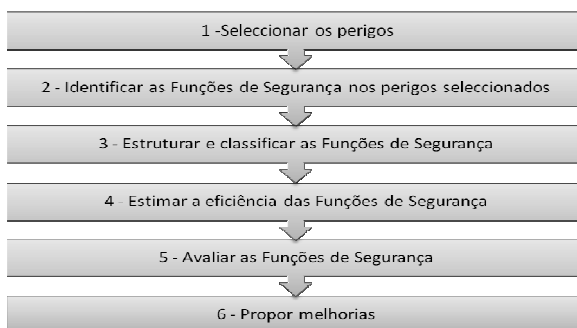


Figura 2.1.- Etapas principais da SFA (adaptado de Harms-Ringdahl, 2003)

Os próximos parágrafos apresentam uma breve descrição de cada uma das seis etapas do método.

Etapa 1. Seleccionar os perigos

A selecção dos perigos faz-se recorrendo a qualquer outro dos métodos clássicos de análise de riscos, como sejam: Análise de Energias, Análise de Segurança no Trabalho, HAZOP, FINE, etc. Desse primeiro estudo extraem-se os perigos mais significativos sobre os quais o método SFA irá incidir com maior detalhe. A selecção dos perigos para este trabalho resultou da aplicação do método FINE (simplificado) usado habitualmente na Renova.

Etapa 2. Identificar as Funções de Segurança nos perigos seleccionados

Existem vários métodos para identificar as Funções de Segurança. Um, é utilizar uma “checklist” estruturada de funções de segurança e identificar as que são relevantes para o perigo em análise. Outro método é, partindo de um perigo específico, colocar perguntas do tipo:

- Como manter baixa a possibilidade da ocorrência de um acidente?

- Como manter baixas as possíveis consequências de um acidente?
- Como diminuir a gravidade se o acidente acontecer?

Estas questões podem ser respondidas por entrevista ou num fórum de discussão. Neste caso, a identificação das FS nos perigos seleccionados como sendo os mais significativos, resultou de um fórum de discussão entre os autores do estudo, um oficial electricista da Renova e a responsável da higiene e segurança da empresa. Foi também tida em conta a legislação aplicável, em vigor para Postos de Transformação (PT).

Etapas 3. Estruturar e Classificar as Funções de Segurança

A lista resultante da etapa anterior é então estruturada de uma forma lógica, de forma a facilitar a sua classificação. Para isso Ringdahl (2001) sugeriu os seguintes parâmetros: Nível de Abstracção; Nível de Sistema; Tipo de Função de Segurança e Tipo de Objecto.

Como *Nível de Abstracção* entende-se o nível onde uma determinada FS se encontra, ou seja, se a FS tem uma função muito objectiva ou se é de carácter mais abrangente (i.e. genérico). Por exemplo, podemos ter uma função cujo objectivo é a protecção contra temperaturas elevadas utilizando sensores de temperatura, ou podemos ter como FS um sensor de temperatura com uma função muito objectiva no local onde se encontra.

O *Nível de Sistema* está directamente relacionado com a hierarquia do sistema. Exemplos de níveis podem ser respectivamente, componentes, máquinas, subsistemas, sistemas, secções, departamentos e a organização.

O *Tipo de Função de Segurança* descreve tudo o que uma determinada FS pode realizar. A tipologia das FS pode ser dividida em técnicas, organizacionais, humanas ou combinações destas. Neste tipo de classificação pode-se ter uma função cujo objectivo principal não é o de segurança mas que é influenciadora da segurança.

O *Tipo de Objecto* caracteriza o sistema a proteger, seja ele técnico, de software, de controlo, etc.

Neste trabalho as FS foram estruturadas em cinco grupos, baseados no parâmetro “***Tipo de Funções de Segurança***”, que são:

(1) *Contenção do Perigo*. Este grupo refere-se aos dispositivos mecânicos ou físicos que separam os perigos dos operadores durante uma operação normal, como por exemplo reservatórios de líquidos perigosos, isolamento de áreas, etc.

(2) *Automação e Controlo*. Exemplos de FS neste grupo são os encravamentos dos sistemas, comandos de arranque e paragem de movimentos, iluminação de emergência, central de incêndios, etc.

(3) *Procedimentos Informais*. Aqui estão incluídos aspectos do sistema organizacional e o que é que os operadores fazem como rotinas práticas diárias no local de trabalho. Também se podem incluir neste grupo a sinalização sonora e visual, instruções de trabalho, treino em operações de emergência, etc.

(4) *Procedimentos Formais*. Aqui estão inseridos os procedimentos formais do sistema e que têm de ser rigorosamente cumpridos, nomeadamente: legislação aplicável, registos, registos de consignação de equipamento, etc.

(5) *Redução das Consequências*. Este grupo inclui os equipamentos necessários para redução das consequências se o acidente acontecer, i.e.: chuveiros, lava-olhos, varas de salvamento, stop de emergências, mala de primeiros socorros, etc., e também actividades organizacionais.

Etapas 4. Estimar a Eficiência das Funções de Segurança.

Estimar a “eficiência” das FS consiste em avaliá-las segundo um certo número de características, que segundo Harms-Ringdahl (2003) incluem: Intenção; Importância e Eficiência.

A *Intenção* de uma FS é particularmente importante no “design” de um produto, equipamento, máquina, etc, onde por vezes é essencial definir as intenções de acordo com diferentes soluções. A intenção pode ser dividida em quatro categorias representadas na tabela 2.1

Intenção da FS	
0	Sem intenção e sem influência na segurança
1	Sem intenção, mas tem alguma influência na segurança
2	Com intenção, mas o seu objectivo principal é outro
3	Com intenção efectiva na segurança ou redução das consequências; i.e. foi intencionalmente concebida para segurança.

Tabela 2.1 - Categorias da característica intenção (Harms-Ringdahl, 2003)

A *Importância* de uma FS reflecte a sua maior ou menor influência na segurança, assumindo que esta funciona como o previsto. Também pode ser avaliada em quatro categorias, como mostra a tabela 2.2.

Finalmente, a *Eficiência* de cada FS é definida como sendo a probabilidade (P) de um dado equipamento (i.e. um dispositivo de segurança) existir e funcionar quando necessário. Também pode ser expressa como a *Probabilidade de Sucesso* (Ringdahl, 2003). O mesmo autor propõe várias

formas de estimar a eficiência: ou em intervalos de probabilidades, ou, mais simplesmente, em três intervalos de avaliação subjectiva (baixa, média, alta).

Neste estudo a Eficiência foi ordenada em três classes: Baixa, Média e Alta.

Importância da FS	
1	Sem influência na segurança
2	Pequena influência na segurança
3	Relativamente grande influência na segurança
4	Grande; intimamente ligada aos acidentes ou magnitude da consequência

Tabela 2.2– Categorias da característica importância (Harms-Ringdahl, 2003)

Etapa 5. Avaliar as Funções de Segurança

Da combinação dos três atributos acima apresentados, resulta uma avaliação global para cada FS. Avaliar uma FS significa verificar se esta é suficientemente boa, e se oferece cobertura suficiente para controlar os perigos. Para cada FS é feito um julgamento se esta é aceitável ou se são necessárias melhorias. Harms-Ringdahl (2003) usa a tabela 2.3 para efectuar este julgamento e estabelecer quais as medidas de melhoria que são necessárias para cada FS.

Descrição	
0	Aceitável, risco negligenciável
1	Aceitável, sem alterações necessárias
2	Não aceitável, é <u>recomendada</u> a mudança de sistema ou medida de segurança
3	Não aceitável, é <u>exigida</u> a mudança de sistema ou medida de segurança

Tabela 2.3 – Escala de aceitabilidade das FS (Harms-Ringdahl, 2003)

A decisão sobre a aceitabilidade, numa escala de 0-3, é feita caso a caso (*i.e.*, para cada FS) levando em consideração os critérios anteriormente referidos: intenção, importância e eficiência.

Etapa 6. Propor Melhorias

Após decisão de aceitabilidade (ou não), pode ser necessário propor melhorias. Estas devem ser concretas, específicas para cada FS, e, supostamente, devem estar hierarquizadas por ordem de prioridade. No entanto, Harms-Ringdahl não estabelece qualquer mecanismo para definir prioridades, deixando essa decisão ao critério e bom senso do analista.

Para sistematizar melhor esta última fase de avaliação, os autores deste estudo criaram uma nova tabela (tabela 2.4) com uma estrutura do tipo “árvore de decisão” que explicita um **plano de acção** (genérico) para cada combinação possível de “Importância” versus “Eficiência”. Na prática, a nova tabela faz a “ponte” entre a aceitabilidade e o plano de acção, que já inclui as prioridades de acção. O critério “prioridade” é definido pelos códigos (0-3), para compatibilizar os níveis aceitabilidade e prioridade. A tabela 2.4 indica o plano de acção a seguir.

Importância (4 níveis)	Eficiência	Prioridade 0-3	Plano de Acção (guia geral)
(4) Grande; SF intimamente ligada aos acidentes ou à magnitude da consequência	Alta	1	Não são necessárias alterações mas é importante monitorar e inspeccionar para garantir que se mantêm neste estado.
	Média	2	Não aceitável, são necessárias melhorias a curto prazo para aumentar a eficiência.
	Baixa	3	Não aceitável; são necessárias melhorias <u>urgentes</u> para aumentar a eficiência. Se os custos da sua realização forem elevados e o período de implementação for longo devem-se considerar sistemas redundantes
(3) Relativamente grande	Alta	1	Não são necessárias alterações; confirmar se o actual plano de inspecções é adequado e suficiente.
	Média	2	Não aceitável; são necessárias melhorias a curto ou médio prazo para aumentar eficiência
	Baixa	3	Não aceitável; são necessárias melhorias <u>urgentes</u> para aumentar a eficiência
(2) Pequena	Alta	1	Não são necessárias alterações
	Média	1	Não são necessárias alterações
	Baixa	2	Não aceitável; são necessárias melhorias a médio ou longo prazo para aumentar eficiência
(1) Sem influência na segurança, ou pequeno impacto	Alta	0	Não são necessárias alterações, risco negligenciável
	Média	1	Não são necessárias alterações
	Baixa	1	Não são necessárias alterações

Tabela 2.4 Plano de acção (Árvore de decisão)

Note-se, contudo, que neste processo de apoio à decisão, não se explicitou o critério “intenção”, apesar do mesmo ter sido utilizado neste estudo, ao

classificar as FS. O motivo prende-se fundamentalmente com o facto do “efeito” real de uma FS estar mais dependente da “importância” do seu impacto na segurança e da respectiva “eficiência”, do que no facto de ter ou não sido concebida intencionalmente para isso. De alguma forma, a “intenção” pode estar incluída na “importância” de uma barreira e aquilo que verdadeiramente interessa à segurança é a sua influência ou impacto real. Em termos práticos, esta última etapa, da qual resultou a tabela 2.4, faz uma pequena alteração ao método original, porque combinou (2 em 1) os critérios “intenção” e “importância”. A alteração foi discutida com o autor do SFA que concordou com a ideia (Prof. Harms-Ringdahl, *comunicação pessoal*, email 26-8-2009); como consequência da troca de ideias, ele mesmo vai fazer algumas alterações ao método na sua próxima publicação.

O conhecimento das medidas de controlo de riscos a aplicar em cada caso é de extrema importância no combate aos acidentes de trabalho e às doenças profissionais. Deve-se, por isso, sempre que possível, seguir a seguinte hierarquização das medidas a tomar:

Eliminar o Perigo. Por exemplo, retirar equipamentos obsoletos que possam originar quedas em altura ou ao mesmo nível.

Substituir o perigo. Por exemplo, substituir um produto químico perigoso por outro menos perigoso, mas cuja função seja idêntica.

Medidas de Engenharia e Protecção Colectiva. Por exemplo: usar sistemas de refrigeração de salas para evitar sobreaquecimentos; usar dispositivos de protecção nas máquinas e equipamentos; isolar superfícies quentes, etc.

Medidas organizacionais. Por exemplo: Formação dos colaboradores sobre os perigos inerentes a cada tarefa; ajustes de horários, rotatividade nos postos de trabalho; etc.

Equipamento de protecção Individual. Por exemplo: óculos de protecção; protectores auriculares; luvas adaptadas a cada tarefa; capacetes; etc.

- **Aplicação da Metodologia – Caso de estudo**

A metodologia aqui demonstrada tem como objecto de estudo um **Posto de Transformação** de energia eléctrica da Renova. A Renova – Fábrica de Papel do Almonda, S.A., é uma empresa especializada na fabricação de papel “tissue” e na sua transformação, bem como na produção de papel de impressão, escrita e embalagem. É uma empresa portuguesa de capital privado, constituída em 1939, com sede no concelho de Torres Novas. Possui duas unidades industriais, uma situada junto à nascente do Rio Almonda (Fábrica 1) e a outra a dois quilómetros de distância deste local (Fábrica 2). Actualmente emprega cerca de 670 trabalhadores, distribuídos pelas duas fábricas. Possui implementados: um Sistema de Gestão da

Qualidade (SGQ) com base na NP EN ISO 9001:2000; um sistema de Sistema de Gestão Ambiental, de acordo com o referencial ISO 14001:2004 e EMAS; um Sistema de Gestão da Segurança e Saúde no Trabalho, segundo a norma OHSAS 18001:2007; um Sistema de Segurança Alimentar, segundo o referencial BRC/IoP e um Sistema de Investigação, Desenvolvimento e Inovação segundo a norma NP4457.

A escolha do Posto de Transformação (PT) como objecto de análise deveu-se à construção de um novo PT, projectado para responder a um aumento de potência das instalações e, também, para melhorar as condições de segurança na exploração do mesmo. Também se tiveram em conta as consequências gravíssimas no caso de ocorrer um acidente com a média tensão. Do ponto de vista metodológico global, dividiu-se o trabalho em duas fases. Numa primeira fase fez-se uma pesquisa bibliográfica e de legislação sobre riscos e segurança em postos de transformação; daqui resultou uma “*checklist*” para garantir que as funções de segurança legais e obrigatórias fossem todas incluídas no processo de análise.

Posteriormente, numa segunda fase, foi verificado o mapa de avaliação de riscos da Renova para os postos de transformação; dele se retiraram os perigos mais significativos e sob os quais se incidirá o estudo SFA - (*Safety Function Analysis*).

2.1 Caso de estudo

Da análise do mapa de avaliação de riscos da Renova para os postos de transformação, os perigos mais significativos são: o *choque eléctrico em MT*¹, o *choque eléctrico em BT*² e o *incêndio/explosão*.

A abordagem seguida para a identificação das FS, no caso dos perigos de choque eléctrico, começou por identificar os diversos modos de ocorrência de um choque eléctrico e os respectivos tipos de protecção. Estes são estabelecidos pela legislação em vigor, nomeadamente: as *Regras Técnicas das Instalações Eléctricas em Baixa Tensão* e o Regulamento de Segurança de Subestações e Postos de Transformação e de Seccionamento (INCM, 1985). Os tipos de protecção requeridos foram um auxiliar para identificar algumas das Funções de Segurança. Outras surgiram do fórum realizado para o efeito e já referido anteriormente.

Depois de identificadas as FS para cada perigo, estas foram classificadas em 5 grupos: *Contenção do Perigo*; *Automação e Controlo*, *Procedimentos Informais*; *Procedimentos Formais* e *Redução das Consequências*. Depois

¹ MT- Média Tensão

² BT- Baixa Tensão

desta fase, procedeu-se à avaliação de cada uma das FS, segundo a *intenção*, a *importância* e a *eficiência*. As avaliações das FS, para o perigo “*choque eléctrico em MT*”, encontram-se representadas na tabela 3.1

Para um melhor entendimento do processo de avaliação das FS seguir-se-á a avaliação de uma FS concreta, a título ilustrativo. Considere-se a FS “**Encravamentos mecânicos com chave**” (marcada com uma seta na tabela 3.1). O encravamento mecânico com chave só permite efectuar determinadas manobras quando outras foram cumpridas, de modo a impedir acções inadvertidas que possam causar risco de contacto directo com a corrente eléctrica. As manobras que se vão realizando vão permitir retirar/encravar chaves em fechaduras, que só saem quando a tarefa anterior está cumprida.

A título de exemplo: *suponhamos que se quer entrar dentro de uma cela onde se encontra um transformador de média tensão (30 KV)*. Para esta abrir precisamos de uma chave que se encontra “presa” na cela de MT do monobloco de 30 KV. Para obter essa chave temos de proceder do seguinte modo:

- 1.º Desligar o **Disjuntor de Baixa Tensão** do Transformador de Potência correspondente (no QGBT) e soltar a **chave X1** correspondente;
- 2.º Desligar o **Disjuntor Q1 (na cela de MT)** no manípulo de comando. Introduzir a **chave X1** na respectiva fechadura e rodá-la. Com o **Disjuntor Q1** desligado, rodar o respectivo manípulo de comando, no sentido horário, até libertar a **chave X2**
- 3.º Inserir a **chave X2** no comando do **Seccionador SF** e desencravá-lo, ficando a chave presa.
- 4.º Inserir a alavanca no **Seccionador SF** e abri-lo;
- 5.º Inserir a alavanca no **Seccionador de Terra** e fechá-lo. Nesta posição a **chave Z2** vai-se libertar, permitindo abrir a respectiva porta de acesso ao transformador e ter acesso ao interior da cela.

Como se depreende, o acesso ao interior de uma cela dum transformador, com ele em tensão, é muito dificultado pela FS em análise. A sua avaliação justifica-se da seguinte maneira:

- A *intenção* com que se desenharam estes encravamentos foi efectivamente para a segurança, logo a sua classificação de “3”;
- Este tipo de encravamento é de *grande importância* para a segurança pois evita as manobras inadvertidas, logo a sua classificação “4”;
- A avaliação da *eficiência* em “Alta” deveu-se à resposta afirmativa às 4 perguntas seguintes: 1) existem encravamentos mecânicos nas portas e

aparelhagem? 2) funcionam adequadamente? 3) as fechaduras/chaves estão em bom estado? e 4) as fechaduras/chaves são únicas?

Nível de Risco e proposta de melhorias

Como já referido, o critério de aceitabilidade de cada FS é o sugerido por Harms-Ringhdal (2001). Esta aceitabilidade, que dependente essencialmente da importância e da eficiência de cada FS, originou um plano de acção concreto (última coluna da tabela 3.1). Nessa última coluna, para cada FS é atribuído um índice /código que nos indicará qual(ais) o(s) requisito(s) necessário(s) para que a respectiva FS tenha uma eficiência alta e qual(ais) será(ão) as acções a tomar em cada caso. Na(s) acção(ões) são usados verbos de acção, como por exemplo: Manter; Verificar; Realizar; Comprar; Colocar, etc.

A tabela 3.2 mostra um exemplo destas medidas, nomeadamente para o caso concreto da FS “encravamentos mecânicos com chave” (*vide* código f).

2.2 Síntese dos resultados (estudo global)

Na secção anterior (3.1) demonstrou-se a aplicação do método a uma FS específica, a título ilustrativo. No PT em causa foram analisados três perigos identificados como os mais críticos, tendo sido avaliadas, no total, 59 FS. Como já referido, este PT é novo; foi construído recentemente sob especificação detalhada de projecto que, aparentemente, já contemplava todos os requisitos de segurança técnicos e legais. O principal objectivo, neste caso, era o de avaliar se tudo estava efectivamente implementado e em boas condições de funcionamento. Não constituiu por isso surpresa o facto de muitas recomendações serem do tipo “manter” ou “manter e verificar”. Apesar das circunstâncias especialmente favoráveis, a aplicação da metodologia permitiu detectar 39 situações que não estavam suficientemente acauteladas e que careciam de acção correctiva ou de melhoria.

Os resultados obtidos, *per si*, demonstram a vantagem do método, que será em breve aplicado aos restantes PT da empresa.

3 Conclusões

O estudo apresentado constitui um exemplo prático de utilização da metodologia SFA. Esta, insere-se no âmbito geral das metodologias de avaliação de risco, apesar da sua aplicação ser mais específica quando comparada com outros métodos, pois, contrariamente a esses, o SFA tem como principal objecto de análise o “estado da segurança” através da avaliação das funções de segurança (existentes ou em falta no sistema).



Metodologia Safety Function Analysis							
Perigos	Tipo	Tipo de Protecção	Funções de Segurança		Avaliação		
			Grupo	Designação	Intenção	Importância	Eficiência Prioridade Código
Choque eléctrico MT (Média Tensão)	Contacto directo	Isolamento das partes activas	Contenção do Perigo	Isolamento dos cabos MT	3	4	Alta 1 a
		Barreiras ou obstáculos		Monobloco fechado MT	3	4	Alta 1 b
		Dispositivos diferenciais		Porta das células dos transformadores	3	4	Alta 1 c
	Contacto indirecto	Corte automático da alimentação	 Automação e Controlo	Accessibilidade ao PT	3	3	Média 2 d
		Utilização de equipamento da classe II		Utilização de EPI (luvas isolantes classe 4, capacete com viseira)	3	4	Média 2 e
		Locais não condutores					
		Ligação equipotencial local não ligado à terra	 Automação e Controlo	Encravamentos mecânicos com chave	3	4	Alta 1 f
		Separação eléctrica		Ligações equipotenciais à terra	3	3	Média 2 g
		Ligação equipotencial suplementar		Disjuntores de protecção aos transformadores	2	3	Média 2 h
				Iluminação de Emergência	1	3	Média 2 i
			Procedimentos Informais	Sinalização de aviso de "perigo de morte"	3	2	Baixa 2 j
				Circuitos correctamente identificados	1	3	Média 2 k
			Procedimentos Formais	Esquemas eléctricos actualizados no local	1	3	Média 2 l
				Procedimento de regras de utilização em MT	1	2	Média 1 m
				Formação em Riscos Eléctricos	1	3	Média 2 n
				Procedimento de funcionamento do PT	2	3	Média 2 o
				Registo de terras	1	2	Baixa 2 p
	Redução das Consequências			Regras de primeiros socorros - mod.488 da INCM	3	3	Média 2 q
				Stop de emergência do PT	3	3	Média 2 r
				Via de salvamento	3	2	Baixa 2 s
				Socorristas credenciados 24h	3	3	Alta 1 t

Tabela 3.1 – Avaliação das Funções de Segurança para o perigo “choque eléctrico em MT

Código	Requisitos necessários para as FS para o choque eléctrico em Média Tensão (MT)	Acções Correctivas propostas
a	Todas as partes activas devem ser completamente isoladas por isolamento que apenas possa ser retirado por destruição.	Manter o bom estado de conservação do isolamento da cablagem. Verificar anualmente o seu estado.
b	O monobloco MT deve conserva-se em bom estado de conservação.	Manter e Verificar o bom estado de conservação do monobloco MT.
c	As portas de rede de acesso às celas dos transformadores devem possuir fechaduras de encerramento mecânico, com chaves, e manterem-se em bom estado de conservação.	Manter e Verificar o bom estado de conservação das portas de rede de acesso às celas e o funcionamento correcto das fechaduras.
d	O acesso ao PT só deve realizar-se mediante chave que se encontra no chefe de turno e deve ser restrito aos colaboradores da manutenção eléctrica da Renova, salvo autorização pela chefia da mesma.	Manter e Verificar o bom estado de conservação das portas de rede de acesso ao PT e o funcionamento correcto da fechadura. Implementar procedimento de acesso restrito aos PT.
e	Deve existir no local e em bom estado: luvas isolantes classe 4 (isolamento para 30 KV); tapete isolante; capacete com viseira. O seu uso é obrigatório aquando das manobras em média tensão.	Verificar o bom estado dos EPI referidos. Colocar sinalização de uso obrigatório dos EPI. Sensibilizar os operadores da manutenção eléctrica sobre o uso dos EPI.
f	Devem existir encerramentos mecânicos com chave, de modo a impedir manobras/intervenções inadvertidas	Manter e Verificar o bom estado de conservação das fechaduras de encerramento mecânico. Testar a sua funcionalidade anualmente.
g	Todas as estruturas metálicas (portas dos quadros, caminhos de cabos metálicos, caleiras metálicas) devem estar ligadas ao circuito de protecção.	Implementar as ligações equipotenciais das caleiras metálicas ao circuito de protecção. Verificar anualmente o bom estado das ligações equipotenciais à terra através do teste de continuidade.
h	Os disjuntores devem disparar aquando uma sobrecarga, um curto circuito ou uma ordem de protecção aos transformadores proveniente do relé DGPT2.	Realizar ensaios anuais de funcionalidade do relé DGPT2 para comprovar o disparo dos disjuntores em caso de actuação de uma protecção. Realizar ensaios anuais das protecções de sobrecarga e curto-circuito do relé SPAJ.
i	No PT deve existir um circuito de iluminação de emergência.	Verificar semestralmente a existência de lâmpadas fundidas no circuito de emergência. Testar semestralmente a funcionalidade do circuito de emergência.

Tabela 3.2 – Exemplo de Acções correctivas propostas para o perigo “choque eléctrico em MT”

Pode dizer-se que oferece uma forma complementar e substancialmente diferente de “olhar para a questão”. Avalia a segurança instalada, em vez de avaliar o risco potencial.

Por ser de natureza mais especializada requer geralmente mais tempo e mais recursos do que um método tradicional de “espectro largo”. A sua principal vantagem reside no facto de obrigar o analista a pensar de forma diferente e a identificar *funções segurança* que noutros métodos passam despercebidos.

Neste trabalho, a análise SFA efectuada a um Posto de Transformação de energia eléctrica, permitiu identificar e avaliar um total de 59 *funções de segurança* (FS), aplicáveis a três perigos particularmente críticos. Das recomendações resultantes, em 20 FS deve-se Manter o estado e verificar, enquanto nas restantes 39 se deve aumentar a respectiva eficiência: quer seja adquirindo material não existente; ou etiquetando componentes que não estavam identificados, ou realizando acções de formação, etc.

Os resultados desta avaliação são reveladores da grande utilidade do método, dado que se trata de um Posto de Transformação construído de raiz, onde muitas das FS já estavam implantadas. Este trabalho irá servir de base para a uma reavaliação de riscos noutros PT da Renova, onde mais acções correctivas serão necessárias realizar.

Referências

Duijm, N.J. (2009), “Safety-barrier diagrams as a safety management tool”, *Reliability Engineering and System Safety*, 97, pp. 332-341.

Harms-Ringdahl, L. (2001), “Safety Analysis – Principles and Practice in Occupational Safety”, 2nd Edition. Taylor & Francis, London.

Harms-Ringdahl, L. (2003), “Assessing safety functions – results from a case study at an industrial workplace”, *Safety Science*, 41, Issue 8, 701-720.

Harms-Ringdahl, L. (2004), “Assessing safety functions and barriers – Experiences from different Industrial Sectors”, *Proceedings of ESREL 2004*, Springer, 100-109.

Hollnagel, E. (2004), “Barriers and accident prevention”, Ashgate Publishing Limited, England.

Hollnagel, E. (2008), “Risk + barriers = safety?”, *Safety Science*, 46, 221-229.

INCM (1985), “Regulamento de Segurança de Subestações e Postos de Transformação e Seccionamento”. Imprensa Nacional, Casa da Moeda.

Sklet, S. (2006), "Safety barriers: definition, classification, and performance". *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 19, 494-506